

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ КИПІННЯ В ТЕПЛОВІЙ ТРУБІ

Представлено результати експериментального дослідження впливу діаметра та довжини волокон мідної металоволокнистої капілярної структури на процес тепловіддачі в зоні нагріву мініатюрної теплової труби. Встановлено характер впливу зовнішніх умов охолодження теплової труби на її внутрішні характеристики, а саме інтенсивність при фазових переходах.

Ключові слова: мініатюрна тепла труба, зона нагріву, коефіцієнт тепловіддачі, пориста структура

Алексей Ольга Сергеевна, младший научный сотрудник,

ассистент, кафедра атомных электростанций и инженерной теплофизики, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина, e-mail: Helga-Gor@mail.ru

Алексей Ольга Сергеевна, младший научный сотрудник, ассистент, кафедра атомных электростанций и инженерной теплофизики, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина, e-mail: Helga-Gor@mail.ru

Alekseik Olga, National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, e-mail: Helga-Gor@mail.ru

УДК 536.24

Неїло Р. В.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ В УМОВАХ ВІЛЬНОЇ КОНВЕКЦІЇ

В роботі представлено узагальнення результатів експериментальної роботи з дослідження теплообміну та гідродинаміки на поверхні горизонтального циліндра в умовах вільної конвекції. Візуалізація динамічного шару, що утворюється навколо нагрітого циліндра, дозволяє наочно підтвердити підходи, що використано при аналізі результатів.

Ключові слова: теплообмін, вільна конвекція, горизонтальна труба, гідродинаміка

1. Вступ

Теплова вільна конвекція – одне з найпоширеніших тепло-гідравлічних явищ на планеті. Воно виникає всюди у рідких середовищах, де існують нерівномірності температури окремих областей.

Не зважаючи на досить тривалий період дослідження теплообміну на поверхні горизонтального циліндра, в літературі відсутні однозначні дані як з аналітичного визначення загальної інтенсивності процесу [1 – 5], так і багатьох специфічних питань, наприклад, визначальної температури, та іншого. Більш того, часом такі дані протирічать одне одному (як показано в [4]).

В роботі описано порядок експериментальної роботи, результати експериментів з визначення інтенсивності тепловіддачі, візуалізації гідродинамічної сторони вільноконвективного теплообміну, та інше.

2. Експериментальна установка

Експериментальна ділянка представляє собою алюмінієву трубу круглого перерізу, Ø 22 мм, товщиною стінки 3 мм, довжиною 380 мм. В трубі розміщено електронагрівач. На відстані 175 мм від торцевої поверхні в товщі труби розміщено термоелектричний перетворювач (термопара). Експериментальний стенд представляє собою горизонтально розміщений експериментальний зразок до якого підводиться електричний струм через регулюючий трансформатор (РНО) (рис. 1).

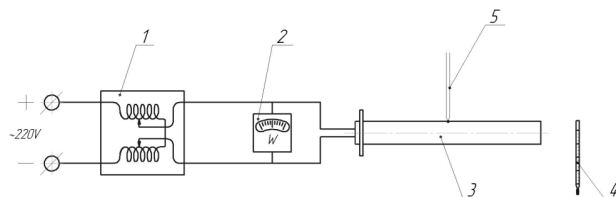


Рис. 1. Схема експериментального стенду: 1 – регулятор напруги (РНО-250-5); 2 – ватметр (Д522); 3 – експериментальний зразок; 4 – термометр ртутний лабораторний; 5 – термоелектричний перетворювач

3. Аналіз отриманих результатів

Характеристичне рівняння, що, за загальноприйнятими оцінками, описує процес вільноконвективного теплообміну:

$$Nu = a \cdot Ra^n, \quad (1)$$

де Ra – число Релея (за характерної температури, якою, відповідно до [4], прийнято температуру теплоносія далеко від поверхні теплообміну), а a та n визначаються відповідно до аналізу отриманої графічної інтерпретації залежності в логарифмічних координатах, та, в загальному випадку, залежить від геометричної поверхні, на якій відбувається процес теплообміну, напрямку теплового потоку, інтенсивності процесу, тощо.

На рис. 2 представлено результати експериментальної роботи, та їх співставлення з існуючими методиками визначення інтенсивності теплообміну в описаних умо-

вах. З рис. 2 помітно, що найбільш точно, отримані результати відповідають залежності, що приведена в [6].

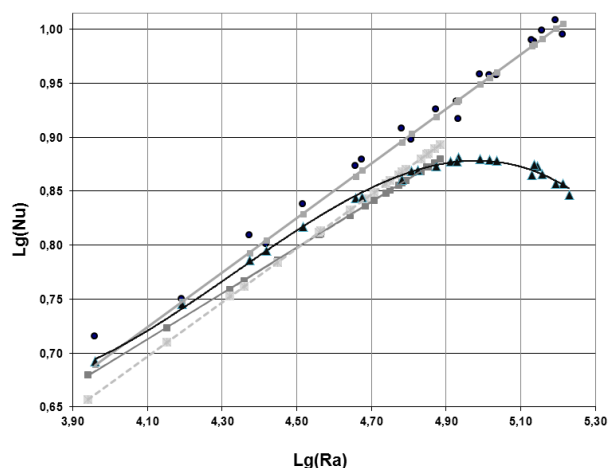


Рис. 2. Співставлення експериментальних даних (●) інтенсивності

тепловіддачі ($Lg(Nu)$) від числа Релея ($Lg(Ra)$) з розрахунковими за:

— [6]; — [7]; — [8]; — [9]

4. Візуалізація

Візуалізація усіх без винятку гідродинамічних та тепло гідрравлічних явищ завжди була ключем до більш глибокого розуміння суті досліджуваного явища, причин та механізмів «відповіді» системи на внесені зміни. Враховуючи необхідність наступних досліджень теплообміну та гідродинаміки горизонтальної труби в різного роду умовах, візуалізація проведених експериментів ставала актуальною задачею.

Вільна конвекція, з точки зору можливості візуалізації, має як ряд переваг, так і суттєві недоліки, що роблять неможливими застосування багатьох традиційних способів візуалізації. Серед основних недоліків – чутливість до внесення будь-яких елементів в область омивання тіла рідиною, висока інертність, низькі швидкості руху теплоносія, тощо. Серед переваг варто виділити простоту та відносно низьку вартість організації візуалізаційного стенду [10]. Серед відомих способів візуалізації [11] нами використовувався спосіб димової візуалізації. Суть методу полягає у введенні в динамічний шар, що існує навколо горизонтального нагрітого циліндра струменя диму, що до циліндра мав ламінарну структуру та рухався вздовж уявної прямої (яка протилежна за напрямком дії сили тяжіння) з невеликою власною швидкістю. При невисокій власній температурі димового струменя, траєкторія такого руху буде повністю підпорядковуватися лініям току, що утворюються навколо нагрітого тіла. В результаті, можна наочно підкреслити взаємозв'язок динамічного та теплового пограничного шарів, однозначність існування та розвитку пограничного шару на поверхні циліндра, ламінарність розвитку теплового та динамічного сліду над поверхнею нагрітого тіла, границі сталого існування такого сліду, тощо. В роботі використовувався струмень диму, що в точці контакту з нагрітою трубою мав температуру близько 48 °С. При цьому, температура поверхні труби складала близько 135 °С. На рис. 3, а показані деякі результати візуалізації. На рис. 3, б для наочнос-

ті приведено результати роботи, на холодному зразку (температура поверхні труби, близько 18 °С)

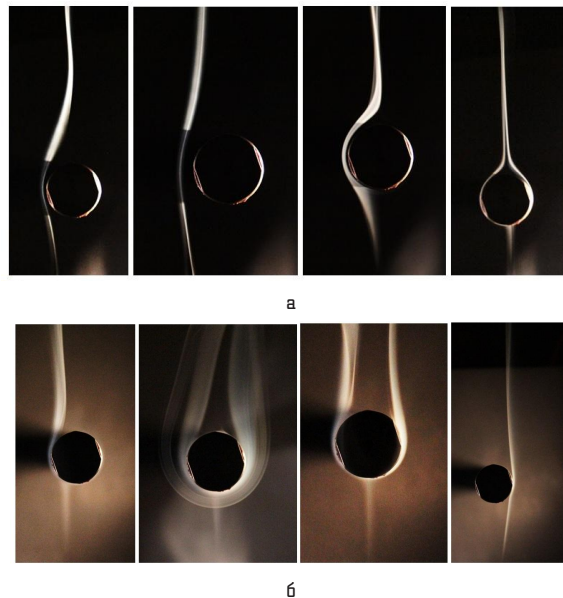


Рис. 3. Результати димової візуалізації: а – на гарячій трубі; б – на холодній трубі

Можна помітити, що за омивання струменем диму холодної труби, траєкторії руху частинок диму, в загальному випадку відповідають лініям з найменшим гідрравлічним опором. Зокрема, одразу після переходу міделевого перетину труби, димовий струмінь продовжує рухатися вертикально вгору. Зовсім інша картина за омивання гарячого циліндра: помітно, що залежно від радіальної координати підведення димового струменя траєкторія його руху підпорядковується певній лінії току динамічного поля, що існує навколо нагрітого циліндра. За підведення струменя диму по вісі труби, або близько до неї, в омиванні циліндра можна помітити практично нерухомі області, куди струмінь диму знічно не може проникнути. За великого масштабу знімка можна визначити етапність розвитку пограничного шару, максимальна швидкість розвитку якого припадає на кормову зону циліндра за рухом теплоносія.

5. Висновки

В результаті виконання роботи було експериментально підтверджено можливість розрахунку інтенсивності тепловіддачі від горизонтального одиночного циліндра в умовах вільної конвекції за методикою, що викладена в [6]. В результаті проведеної роботи визначальною температурою було прийнято температуру теплоносія далеко від поверхні теплообміну. Проведена робота з візуалізації ліній току динамічного поля навколо нагрітого циліндра, не тільки дало можливість визначити приблизні границі динамічного пограничного шару, а й вказало на механізми, що спричиняють зміну інтенсивності тепловіддачі по довжині лінії омивання.

Література

1. Туз, В. О. Конвективний теплообмін на зовнішній стороні гладкотрубних поверхонь [Текст] / В. О. Туз, Р. В. Неїло // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. –

- Т. 5, № 1(13). – С. 19-23.
2. Chand, J. Natural convection heat transfer from horizontal cylinders [Text] / Jagdish Chand, Vir Dharam // Journal of chemical engineering of Japan. – 1979. – Vol. 12, №3. – P. 242-247.
3. Atayilmaz, S. Ö. Experimental and numerical study of the natural convection from a heated horizontal cylinder [Text] / S. Ö. Atayilmaz, I. Teke // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2009. – №36. – P. 731-738.
4. Туз, В. О. Визначення характерної температури при теплообміні в умовах вільної конвекції [Текст] / В. О. Туз, Р. В. Неїло // Енергетика, економіка, технології, екологія. – 2013. – №3.
5. Туз, В. О. Експериментальні дослідження теплообміну в умовах вільної конвекції на поверхні горизонтального циліндра [Текст] / В. О. Туз, Р. В. Неїло // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 6, № 5(66). – С. 17-23.
6. Исаченко, В. П. Теплопередача [Текст] / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 487 с.
7. Wong, H. Y. Heat transfer for engineers [Text] / H. Y. Wong. – Longman Group, 1977. – 213 p.
8. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен [Текст]: учебное пособие для вузов. / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 с.
9. Shklover, G. G. Effect of variable physical properties on heat convection around a horizontal cylinder [Text] / G. G. Shklover, S. E. Gusev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 1987. – V. 53, Issue 2. – P. 902-908.
10. Гебхарт, Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен [Текст]: пер. с англ. / Б. Гебхарт, Й. Джалурия, Р. Махаджан, Б. Саммакия. – В 2-х книгах, кн.1. – М.: Мир, 1991. – 678 с.

11. Чаплиц, А. Д. Визуализация газовых потоков во внутренних каналах (методы и результаты экспериментальных исследований) [Текст] / А. Д. Чаплиц, А. И. Астапов. – Днепродзержинск: НАН Украины и НКА Украины, Институт технической механики, 2007. – 210 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ В УМОВАХ СВОБОДНОЇ КОНВЕКЦІЇ

В роботі представлено обобщення результатів експериментальної роботи по дослідженню теплообміну і гідродинаміки на поверхні горизонтального циліндра в умовах вільної конвекції. Визуалізація динамічного слоя, який утворюється навколо нагрітого циліндра, дозволяє наочно підтвердити підходи, які використовуються при аналізі результатів.

Ключові слова: теплообмін, вільна конвекція, горизонтальна труба, гідродинаміка

Неїло Роман Володимирович, аспірант, кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: roneilo@gmail.com

Неїло Роман Владимирович, аспирант, кафедра атомных электрических станций и инженерной теплофизики, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина, e-mail: roneilo@gmail.com

Neilo Roman, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, e-mail: roneilo@gmail.com

УДК 621.311

Тимчук С. О.

РОЗКРИТТЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ

У статті наведено підхід до розв'язання проблеми невизначеності вихідної інформації в рамках теорії нечітких множин. Розглянуто особливості застосування нечіткого підходу при проектуванні та експлуатації розподільчих електромереж. Надано методики переведення типових задач у нечітку форму.

Ключові слова: розподільча електромережа, проектування, експлуатація, невизначеність, нечіткі множини

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться в доповіді, відносяться до галузі електроенергетики. Наразі гостро стоїть задача зниження витрат та витрат різної природи у розподільчих електромережах (РЕМ), підвищення якості електроенергії, підвищення ефективності електроспоживання. Всі ці напрямки знайшли відображення у енергетичній стратегії України до 2030 року. Складність сучасних РЕМ обмежує можливості емпіричних методів їх удосконалення, тому на перший план виходять теоретичні методи моделювання, аналізу та оптимізації електромереж.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Відомо, що в складних системах енергетики 82-84 % похибки виникає внаслідок неточності вихідних даних

[1], яка зумовлена такими видами невизначеності, як випадковість, неоднозначність, нечіткість, інтервальність, розмитість, лінгвістична невизначеність, тощо. Проблема розкриття невизначеності є ключовою і найменш дослідженою в електроенергетиці.

Для розкриття невизначеності пріоритет віддавався детермінованому моделюванню [2 – 4]. Для розрахунку надійності застосовувалось стохастичне моделювання [1, 5], але часто розрахунки зводили до детермінованих схем [1].

Застосування детермінованих методик та моделей вносять спрощення, які породжують проблему похибки розрахунків. Для складних систем зазвичай цю похибку важко визначити, а часто і неможливо. Стохастичні методики мають область застосування, що обмежується прогнозними задачами.

З появою теорії нечітких множин [6] з'явилася можливість розкрити математичну невизначеність ти-